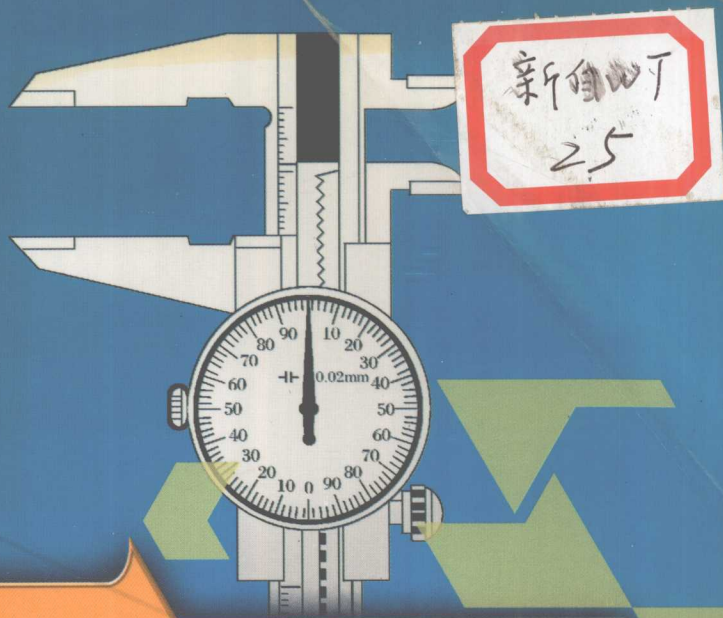




常用计量仪器仪表 原理检定使用和维修

王拴龙 朱爱民 编著

中国计量出版社

常用计量仪器仪表原理检定 使用和维修

王拴龙 朱爱民 编著



中国计量出版社

图书在版编目(CIP)数据

常用计量仪器仪表原理、检定、使用和维修/王拴龙、朱爱民编著. —北京:
中国计量出版社, 2003.6
ISBN 7-5026-1808-2

I. 常… II. ①王…②朱… III. ①计量仪器—基
本知识②计量—仪表—基本知识 IV. TH71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 044922 号

内 容 提 要

本书共分六篇。第一篇介绍了计量单位制、误差和计量检定等方面的基础知识。第二至第五篇分别介绍了游标卡尺、千分尺、百分表、热电偶、热电阻、动圈表、数字温度指示调节仪、自动平衡显示仪表、温度计、电流表、电压表、功率表、电阻表、直流电位差计、绝缘电阻、分光光度计、酸度计等计量仪器仪表的工作原理、检定方法、使用注意事项和常见故障及其修理方法等。第六篇为流量类仪表简介。

本书适合于从事计量检定、计量仪器仪表使用和维修人员阅读参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话(010)64275360

E-mail jlfxb@263.net.cn

北京铭成印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787mm × 1092mm 16 开本 印张 14.5 字数 356 千字

2003 年 6 月第 1 版 2003 年 6 月第 1 次印刷

*

印数 1—4 000 定价: 37 元

序

目前,质量技术监督系统已实现了垂直管理,计量检定员队伍急需规范,一方面要积极开展计量检定人员的培训、考核、发证工作,促使广大的计量检定人员尽快提高素质;另一方面要抓住机遇、超常规地发展我们的计量事业。今天,我国已成功地加入了 WTO,到 2005 年我国的计量检测与校准市场要对外开放,到那时不但仅仅是市场的争夺,而且更是一场人才的竞争,所以从现在起我们就要以较高的起点,积极培养我国的专业人才,造就一支高水平的专业队伍。要完成这项工作,难度不小,需要做好方方面面的基础工作,特别是提高专业人员的专业素质的工作,这是一项长期的而且也是非常重要的基础工作。

《常用计量仪器仪表原理、检定、使用和维修》一书立足于实用,对最常用的计量仪器、仪表,简明扼要地介绍了其原理、使用、维修与检定,可以作为一本业务工作指导用书,很适合广大的基层计量检定人员使用,同时也适合仪器仪表的使用操作者阅读,对提高他们的专业水平大有帮助,值得推广。

该书体系完整、文字简洁、不落俗套,只是由于篇幅的限制,对一些问题没有做更进一步的阐述。但也正因如此,它能起到提纲挈领的作用,使我们首先抓住了矛盾的主要方面,从而为彻底解决问题铺平了道路。

该书的几位作者都是长期从事计量检定的专业人员,其专业素质较高,在工作之余还笔耕不辍,是我们应该学习的榜样。

河北省质量技术监督局副局长 刘建平

2003 年 2 月 25 日于石家庄

再 序

随着我国改革开放的深入发展，计量工作也得到了迅速的发展，尤其是在我国经济逐渐纳入市场化、法制化的今天，无论是生产企业、服务性行业，还是计量检测机构和计量管理机构，都无不需要尽快提高计量检测知识水平。

根据计量法及其相关法规的规定，计量检定人员必须经过有关部门的考核合格，并取得计量检定员认证后才能从事其相应的计量检定工作。为此广大从事计量检定的人员迫切需要一本科学的、简单明了的，而且集原理、检定、使用和维修于一体的专业书，我看到了王拴龙等同志编写的这一本书后，忽然开朗：这正是一本实用的专业书，必将对我们的计量检测人员提高业务素质起到积极的作用。它不仅适用于我们的计量检测人员，而且也适合更广大的仪器仪表的使用者。

我作为一名多年从事计量工作的老同志，原来也是从事计量检测一线工作的，深知：编写一本好的专业书，需要作者不但要具备有深厚的专业功底，而且还要有丰富的实践经验。该书的三位作者就具有这两方面的优势，他们不但有较高的专业理论水平，而且还具有从事专业工作丰富的实践经验。我相信由他们三人编写的图书，一定会对每一位读者有益，对需要想在短时间内提高自己专业素质的同志更是帮助很大。

任何一项工作都有需要完善的时候，对于书的作者们也应该是如此，作为一本专业书，难免存在一些不妥甚至错误的地方，让我们大家在学习中来帮助他们改正完善。

沧州市质量技术监督局副局长 齐树勋

2003年3月5日于沧州

编者的话

随着我国经济的飞速发展,各行各业自动化程度的不断提高,对计量仪器仪表需求量日益加大,同时对计量仪器仪表精度和功能要求更加严格。尤其是在目前改革发展时期,各级计量检测部门正加大改革力度,不断地发展完善自己,以迎接2005年国际计量检测机构的进入。为此各单位在实验室认证验收以及工业生产中都加强了对计量检测人员的素质培养。为满足计量检测人员和计量检定人员对计量仪器仪表检定、使用和维修知识的需求,我们编写了《常用计量仪器仪表原理、检定、使用和维修》一书。书中根据读者工作需要,主要介绍了长度计量器具、热工计量仪表、电学计量仪器仪表和理化分析仪器的工作原理、计量检定、使用注意事项和常见故障与维修方法等方面的内容。

在编写过程中我们力求简明扼要,用较通俗的语言介绍复杂的仪器仪表的原理,并依据国家计量检定规程详细介绍了各种计量仪器仪表的检定方法,使稍具有一些专业知识的人就能读得懂,学得会,掌握得快;对专业人员起到提纲挈领的作用。

本书由河北省沧州市计量测试所高级工程师王拴龙、河北省沧州市质量技术监督局工程师朱爱民和陕西省计量测试研究所高级工程师刘启星共同编写。其中第一篇和第五篇由朱爱民工程师编写;第二、三和第四篇由王拴龙高级工程师编写;第六篇由刘启星高级工程师编写。全书由王拴龙高级工程师统稿。

本书在编写过程中得到了河北省质量技术监督局副局长刘建平同志和沧州市质量技术监督局副局长齐树勋同志的大力支持,他们为本书作序。同时本书在编写过程中也得到了沧州市计量测试所许多同志的帮助。在此一并表示衷心感谢。

由于编写时间仓促和专业知识水平所限,书中难免有不足和错误之处,欢迎读者批评赐教。

编著者

2003年元月于沧州

目 录

第一篇 计量基础知识

第一章 计量单位制	(1)
第二章 误差理论基础知识	(7)
第三章 有关计量检定概念	(13)

第二篇 长度量具

第一章 游标卡尺	(16)
第一节 工作原理	(16)
第二节 通用卡尺的检定	(20)
第三节 使用注意事项	(26)
第四节 常见故障及其修理方法	(26)
第二章 千分尺	(32)
第一节 工作原理	(32)
第二节 千分尺的检定	(34)
第三节 使用注意事项	(40)
第四节 常见故障及其修理方法	(40)
第三章 百分表	(43)
第一节 工作原理	(43)
第二节 百分表的检定	(44)
第三节 使用注意事项	(50)
第四节 常见故障及其修理方法	(50)

第三篇 热工计量仪表

第一章 热电偶	(52)
第一节 工作原理	(52)
第二节 热电偶的检定	(54)
第三节 使用注意事项	(65)
第四节 常见故障及其修理方法	(66)
第二章 热电阻	(68)
第一节 工作原理	(68)
第二节 热电阻的检定	(68)
第三节 使用注意事项	(73)
第四节 常见故障及其修理方法	(73)

第三章 动圈表	(75)
第一节 工作原理	(75)
第二节 动圈表的检定	(82)
第三节 使用注意事项	(88)
第四节 常见故障及其修理方法	(89)
第四章 数字温度指示调节仪表	(92)
第一节 工作原理	(92)
第二节 数字温度指示调节仪的检定	(94)
第三节 使用注意事项	(108)
第四节 常见故障及其修理方法	(109)
第五章 自动平衡显示(记录)仪表	(111)
第一节 工作原理	(111)
第二节 自动平衡显示仪表的检定	(113)
第三节 使用注意事项	(119)
第四节 常见故障及其修理方法	(121)
第六章 温度计	(123)
第一节 工作原理	(123)
第二节 温度计的检定	(125)
第三节 使用注意事项	(132)
第四节 常见故障及其修理方法	(133)

第四篇 电学计量仪器仪表

第一章 电流表、电压表、功率表和电阻表	(135)
第一节 工作原理	(135)
第二节 电流表、电压表、功率表和电阻表的检定	(136)
第三节 使用注意事项	(150)
第四节 常见故障及其修理方法	(151)
第二章 直流电位差计	(152)
第一节 工作原理	(152)
第二节 直流电位差计的检定	(155)
第三节 使用注意事项	(170)
第四节 常见故障及其修理方法	(171)
第三章 绝缘电阻表(兆欧表)	(173)
第一节 工作原理	(173)
第二节 绝缘电阻表(兆欧表)的检定	(174)
第三节 使用注意事项	(179)
第四节 常见故障及其修理方法	(180)

第五篇 理化分析仪器

第一章 分光光度计	(182)
-----------------	-------

第一节 工作原理 (182)

第二节 常用分光光度计的结构和各组成部件的作用原理及性能 (183)

第三节 分光光度计的检定 (184)

第四节 使用注意事项 (192)

第五节 常见故障及其修理方法 (193)

第二章 酸度计 (199)

第一节 电位法测量 pH 值原理 (199)

第二节 酸度计的检定 (201)

第三节 使用注意事项 (204)

第四节 常见故障及其修理方法 (205)

第六篇 流量类仪表简介

一、流量类仪表的分类 (209)

二、几种流量仪表介绍 (209)

主要参考文献 (220)

第一篇 计量基础知识

“实现单位统一和量值准确可靠的活动”称为计量。它是以公认的计量基准、标准为基础，依据计量法规和法定的计量检定系统(表)进行量值传递来保证测量准确性的。

计量主要包括长度计量、温度计量、力学计量、电磁计量、光学计量、无线电计量、时间频率计量、声学计量、化学计量和放射性计量等十大类。

为了帮助广大计量人员准确掌握常用计量仪器仪表的原理、检定、使用和维修知识，有必要首先介绍一些计量基础知识。

第一章 计量单位制

为了保证量值传递的准确和统一，保障计量单位制的统一，我国以国际单位制计量单位和国家选定的其他计量单位，作为我国的法定计量单位。法定计量单位是国家以法令的形式规定允许使用的计量单位。

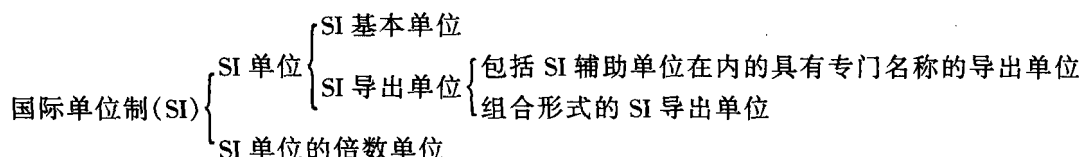
我国的法定计量单位是以国际单位制为基础的。它包括国际单位制单位和国家选定的其他计量单位。

本章介绍有关计量单位制的一些基本概念。

一、国际单位制

国际单位制是在米制基础上发展起来的单位制，其简称为 SI。国际单位制基本单位定义的确是由国际计量大会通过的。国际单位制以长度的米、质量的千克、时间的秒、电流的安培、热力学温度的开尔文、物质的量的摩尔和发光强度的坎德拉等七个单位为基本单位。其他为导出单位和倍数单位。

二、国际单位制的构成



三、国际单位制的七个基本单位

给定量制中基本量的测量单位称为基本单位。它是构成单位制中其他单位的基础。七个基本单位如下：

表 1-1-1 SI 基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s
电流	安[培]	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

四、国际单位制的导出单位

表 1-1-2 包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
[平面]角	弧度	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$
立体角	球面度	sr	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2 = 1$
频率	赫[兹]	Hz	$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$
力	牛[顿]	N	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$
压力, 压强, 应力	帕[斯卡]	Pa	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
能[量], 功, 热量	焦[耳]	J	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$
功率, 辐[射能]通量	瓦[特]	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
电荷[量]	库[仑]	C	$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$
电压, 电动势, 电位, (电势)	伏[特]	V	$1 \text{ V} = 1 \text{ W/A}$
电容	法[拉]	F	$1 \text{ F} = 1 \text{ C/V}$
电阻	欧[姆]	Ω	$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$
电导	西[门子]	S	$1 \text{ S} = 1 \Omega^{-1}$
磁通[量]	韦[伯]	Wb	$1 \text{ Wb} = 1 \text{ V} \cdot \text{s}$
磁通[量]密度, 磁感应强度	特[斯拉]	T	$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2$
电感	亨[利]	H	$1 \text{ H} = 1 \text{ Wb/A}$
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}\text{C}$	$1 \text{ }^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$
光通量	流[明]	lm	$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$
[光]照度	勒[克斯]	lx	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$

表 1-1-3 由于人类健康安全防护上的需要而确定的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
[放射性]活度	贝可[勒尔]	Bq	$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$
比授[予]能			
比释动能	希[沃特]	Sv	$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$
剂量当量			

用 SI 基本单位和具有专门名称的 SI 导出单位或(和)SI 辅助单位以代数形式表示的单位称为组合形式的 SI 导出单位。

五、SI 单位的倍数单位

表 1-1-4 给出了 SI 词头的名称、简称及符号(词头的简称为词头的中文符号)。词头用于构成倍数单位(十进倍数单位与分数单位)，但不得单独使用。

词头符号与所紧接的单位符号¹⁾应作为一个整体对待，它们共同组成一个新单位(十进倍数或分数单位)，并具有相同的幂次，而且还可以和其他单位构成组合单位。

例 1: $1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$

例 2: $1 \mu\text{s}^{-1} = (10^{-6} \text{ s})^{-1} = 10^6 \text{ s}^{-1}$

例 3: $1 \text{ mm}^2/\text{s} = (10^{-3} \text{ m})^2/\text{s} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

例 4: $10^{-3} \text{ m} = 1 \text{ mm}$

不得使用重叠词头，如只能写 nm，而不能写 m μ m。

注：由于历史原因，质量的 SI 单位名称“千克”中，已包含 SI 词头“千”，所以质量的十进倍数单位由词头加在“克”前构成。如用毫克(mg)而不得用微千克(μkg)。

表 1-1-4 SI 词头

因 数	词 头 名 称		符 号·
	英 文	中 文	
10^{24}	yotta	尧[它]	Y
10^{21}	zetta	泽[它]	Z
10^{18}	exa	艾[可萨]	E
10^{15}	peta	拍[它]	P
10^{12}	tera	太[拉]	T
10^9	giga	吉[咖]	G
10^6	mega	兆	M
10^3	kilo	千	k
10^2	hecto	百	h
10^1	deca	十	da
10^{-1}	deci	分	d
10^{-2}	centi	厘	c
10^{-3}	milli	毫	m
10^{-6}	micro	微	μ
10^{-9}	nano	纳[诺]	n
10^{-12}	pico	皮[可]	p
10^{-15}	femto	飞[母托]	f
10^{-18}	atto	阿[托]	a
10^{-21}	zepto	仄[普托]	z
10^{-24}	yocto	幺[科托]	y

注：这里的单位符号一词仅指 SI 基本单位和 SI 导出单位，而不是组合单位整体。

六、与国际单位制并用的单位

表 1-1-5 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	与 SI 单位的关系
时间	分	min	1 min = 60 s
	[小]时	h	1 h = 60 min = 3600 s
	日(天)	d	1 d = 24 h = 86400 s
[平面]角	度	°	1° = (π/180) rad
	[角]分	'	1' = (1/60)° = (π/10800) rad
	[角]秒	"	1" = (1/60)' = (π/648000) rad
体积	升	L, (l)	1 L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
质量	吨	t	1 t = 10 ³ kg
	原子质量单位	u	1 u ≈ 1.660540 × 10 ⁻²⁷ kg
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min = (1/60) s ⁻¹
长度	海里	n mile	1 n mile = 1852 m (只用于航行)
速度	节	kn	1 kn = 1 n mile/h = (1852/3600) m/s (只用于航行)
能	电子伏	eV	1 eV ≈ 1.602177 × 10 ⁻¹⁹ J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1 tex = 10 ⁻⁶ kg/m
面积	公顷	hm ²	1 hm ² = 10 ⁴ m ²

注：1 平面角单位度、分、秒的符号，在组合单位中应采用(°)、(′)、(″)的形式。

例如，不用°/s 而用(°)/s。

2 升的符号中，小写字母 l 为备用符号。

3 公顷的国际通用符号为 ha。

七、国际单位制单位的使用方法及注意事项

1. 词头不能重叠使用

例如：mμm (毫微米)应改为 nm (纳米)；

也不能单独使用：例如：15 微米不能写成 15 μ。

2. 倍数和分数单位词头的选择

选用 SI 单位的倍数和分数单位，一般应使量值处于 0.1 ~ 1000 范围内。

例 1：1.2 × 10⁴ N，词头应选用 k (10³)，写成 12 kN。

例 2：3.1 × 10⁻⁸ s，应选用词头 n (10⁻⁹)，写成 31 ns。

但在某些场合习惯使用的单位可不受限制。如土地面积用平方千米(km)²；机械制图中长度单位全部用毫米(mm)；导线截面积用平方毫米(mm)² 以及在某一量的数值表中或叙述某一量的文章中，为了对照比较方便，数值不受限制。

法定计量单位中非十进制的单位：度($^{\circ}$)、[角]分(')、[角]秒(")、小时(h)、天(日)(d)以及摄氏度($^{\circ}\text{C}$)均不得使用 SI 词头构成倍数、分数单位。

3. 组合单位的国际符号和中文符号的几种写法

(1) 国际符号：

① 由两个或两个以上单位相乘所构成的组合单位有二种写法：单位间加居中圆点(如： $\text{W}\cdot\text{h}$ 瓦时)和不加居中圆点(Wh 瓦时)。

② 由两个或两个以上单位相除所构成的组合单位有三种写法：

用斜线表示相除。例： kg/m^3 ；

单位间加居中圆点负指数幂形式： $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ；

单位间不加居中圆点负指数幂形式： kgm^{-3} 。

(2) 中文符号

① 由两个或两个以上单位相乘所构成的组合单位，单位间加居中圆点：如瓦·时；牛·米。

② 由两个或两个以上单位相除所构成的组合单位有二种形式：

用斜线表示相除：千克/米³；

负指数幂的相乘形式：千克·米⁻³。

4. 如何读取组合单位的名称

读取组合单位名称时应遵循以下四条原则：

(1) 从左向右，乘号不读音。如 $\text{N}\cdot\text{m}$ 读作“牛顿米”或“牛米”。

(2) 按单位先后次序，先分子后分母，除号读“每”字，无论分母中有几个单位，“每”字只出现一次。如： m/s 读作“米每秒”，不要读成“秒米”或“每秒米”； $\text{W}/(\text{mK})$ 读作“瓦特每米开尔文”或“瓦每米开”，不能读作“瓦每米每开”或“每米每开瓦”。

(3) 幂指数读在单位前面，除了表示面积用“平方”，表示体积用“立方”外，其余都用“×次方”。如： m^2 读作“平方米”(面积)； m^3 读作“立方米”(体积)； m^4 读作“四次方米”(断面惯性矩)。 m/s^2 读作“米每二次方秒”(加速度)。

(4) 分子为一的单位“每”字开头。如： s^{-1} 读作“每秒”； m^{-1} 读作“每米”； H^{-1} 读作“每亨”。

5. 书写组合单位时的注意事项

(1) 当单位符号同时又是词头符号时，应将它置于右侧，相乘时最好不用负指数幂形式。如：力矩的单位 Nm 不得写成 mN ，以免误读为“毫牛”；用电量单位 kWh 不得写成 khW ，以免误认为是重叠词头；速度单位 m/s 不得写成 ms^{-1} ，以免误读成“每毫秒”。

(2) 相除构成的单位书写时分子分母应在同一水平线上。如： m/s 。

(3) 无论分母中有几个单位，斜线不得多于一条，必要时加圆括号。如：比熵单位 $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 不得写成 $\text{J}/\text{kg}/\text{K}$ 或 $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ 。

6. 其他注意事项

(1) 用汉字表示的单位不可以和单位的国际符号构成组合单位。但有两种情况可以除外：一是摄氏度的国际符号 $^{\circ}\text{C}$ 可以作为中文符号使用。如：焦/ $^{\circ}\text{C}$ ；二是非物理量单位(如：件、台、人、元等)，可以和物理量单位的国际单位符号构成组合单位。如：人均日用水量升/(人·日)。

(2) 计量单位一般不可以放在量值中间。一个量值不可以有多个计量单位。只能在量值的末尾给出单位。如长度量值 1.28 m 不能写成 1 m 28 cm, 更不能写成 1 m 28。

但平面角的单位($^{\circ}$)($'$)($''$)和时间单位(h)(min)可以例外。如: $8^{\circ}18'28''$, 1 h 8 min 58 s 都是正确的。

第二章 误差理论基础知识

误差理论是我们进行准确测量的基础，它可以帮助人们正确地进行测量，合理地选用仪器，使我们能以最经济的方式获得最有效的结果。

一、量和量值

所谓的量就是现象、物体或物质可定性区别和定量确定的属性。如物体的长度，天气的温度，以及海水的含盐量等。

一般由一个数乘以计量单位所表示的特定量的大小称为量值。即：量值 = 数值 × 计量单位；例如：3 m；35 kg；20 ℃。

量的真值：与给定的特定量的定义相一致的值。(1)量的真值只有通过完善的测量才有可能获得；(2)真值按其本性来说是不可确定的。

实际值：满足规定准确度的，用来代替真值使用的量值称为实际值。

一般在检定中，我们把高一等级的计量器具(计量标准器具)测得的量值称之为实际值。

二、测量误差

1. 测量

测量是以确定被测对象量值为目的的一组操作。但由于受操作过程的局限，往往不管用多准确的仪器，采用多么可靠的方法，在同一条件下，同一人多次对同一量进行测量，其结果总会有差异。如果用不同的仪器，由不同的人员，在不同的条件下测量同一量，其差异则会更大。产生差异的因素多种多样，它们都会给测量结果带来影响。

2. 误差

由于人们认识能力不足和科学水平的限制，实验中测得的值和它的客观真值并不一致，这种在数值上的差异即为误差。

实践证明，误差既是普遍存在的，又是可以控制的，但不可能消灭。这是误差的产生和存在的必然性和普遍性。总之，测量结果都具有误差，误差自始至终存在于一切科学实验和测量过程之中。

误差的严格定义是：测量结果与被测量的真值之间的差，即：测量误差 = 测量结果 - 被测量真值。一个测量结果，严格地说，只有当知道它的测量误差或指明误差可能范围时，这种测量才有意义。因此，测量误差在计量学上有着十分重要的意义，每个从事测量的人都应该认识它，掌握它。

三、测量误差的来源

1. 测量装置误差

测量误差是指测量结果与被测量真值之差。测量装置误差则指测量所用仪器、仪表及附件，其本身的固有误差所引入的测量误差。如天平、温度计、衡器本身的准确度等级，以及转换开关、电源和连接导线等所引起的误差。

2. 环境误差

由于实际环境条件与规定条件不一致所引起的误差称为环境误差。

3. 人员误差

由于测量人员主观因素和操作技术所引起的误差称为人员误差。

4. 方法误差

由于测量方法不完善所引起的误差称为方法误差。

应指出的是，测量结果中的误差，不仅来源于一个方面，往往是几种误差源同时作用的结果。

四、误差的分类

如果按误差对测量结果影响的性质划分，可分为系统误差、随机误差和粗大误差。

1. 系统误差

在重复性条件下，对同一被测量进行无限多次测量所得结果的平均值与被测量的真值之差。

系统误差产生的原因主要有以下几方面：

(1) 测量装置方面的(误差)因素有：仪器结构设计原理的缺点，如齿轮杠杆测微仪直线和转角不成比例的误差；仪器零件制造和安装不正确，如标尺的刻度偏差、刻度盘和指针的安装偏心；仪器附件制造偏差，如环规直径偏差等。

(2) 环境方面的因素有：测量时的实际对标准温度的偏差，测量过程中温度、湿度等按一定规律变化的误差。

(3) 测量方面的因素有：采取近似的测量方法或近似的计算公式等引起的误差。

(4) 测量人员方面的因素有：由于测量者的个人特点，在刻度上估计读数时，习惯偏于某一方向；动态测量时，记录某一信号有滞后的倾向。

2. 随机误差

测量结果在重复性条件下，对同一被测量进行无限多次测量所得结果的平均值之差。

随机误差产生的原因主要有以下几方面：

(1) 测量装置的因素：零部件配合的不稳定，零部件的变形，零件表面油膜不均匀、摩擦等。

(2) 环境方面的因素：温度的微小波动、湿度与气压的微量变化、光照强度变化、灰尘以及电磁场变化等。

(3) 人员方面的因素：瞄准、读数的不稳定等。

3. 粗大误差

粗大误差是指明显超出规定条件下预期的误差称为粗大误差。引起粗大误差的原因是错误的读取示值，如将“3”读成“8”；或者是操作者粗心，使用有缺陷的计量仪器、测量时对错了标志、测量条件突变、计量器具使用不正确等。

我们在作误差分析时，要估计的误差通常只有系统误差和随机误差。

五、测量误差的表达及有关基本概念

(一) 测量误差有关概念

如前所述，测量中得到的测量结果与被测量的真值之间的差，就是测量误差。测量误差